

近 40 多年四川盆地降温与热带 西太平洋海温异常的关系*

李跃清

(成都高原气象研究所, 成都 610071)

李崇银

(中国科学院大气物理研究所大气科学和流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029)

摘 要 应用滑动滤波技术, 分析了半个世纪以来, 四川地区温度变化及其与西太平洋海温的关系。结果表明, 四川盆地气温在 70 年代中期发生了一次突变, 由偏暖阶段进入偏冷阶段。其中, 50 年代最暖, 80 年代最冷, 这种偏冷趋势在夏季最显著; 热带西太平洋海温同样在 70 年代中期发生了一次突变, 由偏暖阶段进入偏冷阶段, 也是 50 年代最暖, 80 年代最冷, 这种偏冷趋势同样在夏季最显著; 热带西太平洋海温在变化趋势上与四川盆地气温变化具有同位相关系; 热带西太平洋海温异常偏暖(冷), 引起西太平洋副高位置偏西(东)偏北(南), 造成四川盆地气温异常偏暖(冷); 热带西太平洋海洋热状况的变化, 通过影响西太平洋副高等环流系统变化是造成四川盆地气温异常的重要原因之一。

关键词 四川盆地 气温 热带西太平洋 海温 副热带高压

1 引言

本世纪以来, 全球气温呈上升趋势, 气候变暖及其影响已成为大气科学研究的热点。但是, 气候变化同样表现出显著的区域性特征, 如中国江淮地区和四川盆地的气温变化与许多地区不同, 呈变冷趋势^[1]。周秀骥等提出了一个十分重要且有意义的研究结果, 即中国西南四川气温变冷的可能原因是由于大气中硫酸盐气溶胶增加, 导致地面太阳辐射减少而引起^[2]。我们知道, 引起气候变化的原因很多, 硫酸盐气溶胶的影响可能是原因之一, 也会有其他原因的影响, 因此从不同侧面进一步分析四川气温变冷, 对于认识气候变化机理和可能影响都有重要意义。

本文从海洋非绝热加热影响大气环流变化及其与天气气候的关系出发, 分析半个世纪以来四川气温变冷, 尤其是夏季(6、7、8月)变冷的特征及其可能原因, 指出热带西太平洋海温异常对四川气温变化的重要作用。

2 资料与方法

应用四川盆地有代表性的, 分布较均匀的成都(位于西部)、宜宾(位于南部)、广

1998-04-14 收到, 1998-11-17 收到修改稿

* 本研究得到国家“九五”攀登预选项目“气候动力学和气候预测理论的研究”及中国科学院KZ952-51-403项目共同资助

元(位于北部)、遂宁(位于中部)、达县(位于东北部)、重庆(位于东部)、酉阳(位于东南部)等 7 个测站 1949~1994 年月平均气温资料和 COADS 中 SST 资料,得到了 7 个测站平均的四川盆地气温序列和热带西太平洋(30~10° N, 120~180° E)的 SST 序列。

需要说明的是:罗汉民等¹⁾通过相关系数和距离系数确定了 13 个四川省气温序列代表点,其中四川盆地有 7 个站,正是上述所选 7 站。计算表明:7 站之间气温年、春、夏、秋、冬四季的相关显著,都达到了 99.9%的置信水平。从表 1 可进一步看到:7 站平均的四川盆地气温序列与各站气温序列年、春、夏、秋、冬四季的相关系数都在 0.73 以上,说明该四川盆地平均气温距平序列能够反映四川盆地地区气温异常变化特征。

表 1 四川盆地 7 站平均气温距平与 7 站气温距平的相关系数 r
(99.9%置信水平时,相关系数为 0.47)

时 间	成都	宜宾	广元	达县	遂宁	重庆	酉阳
春 季	0.93	0.93	0.86	0.91	0.96	0.91	0.76
夏 季	0.88	0.89	0.73	0.91	0.95	0.91	0.78
秋 季	0.93	0.90	0.82	0.88	0.81	0.88	0.82
冬 季	0.97	0.93	0.95	0.92	0.97	0.96	0.92
年 际	0.91	0.88	0.86	0.81	0.94	0.85	0.79

对于每一个或两个季节的平均而言,我们将其四川盆地的气温距平序列和热带西太平洋海温距平序列称为 $X(t)$ 。在 $X(t)$ 中包括了不同时间尺度的变化信息,为了简单地分离出我们感兴趣的信息,我们首先对 $X(t)$ 序列进行 11 点(即 11 年)的滑动滤波处理,所得到的序列 $\tilde{X}(t)$ 可视为 10 年尺度以上的趋势变化,然后,从 $X(t)$ 序列中减去 $\tilde{X}(t)$ 序列,即 $X'(t)=X(t)-\tilde{X}(t)$,那么, $X'(t)$ 序列就是年际尺度的变化。应用这些资料,我们可以计算序列的气候跃变参数^[3]:

$$J_y = |M_1 - M_2| / (S_1 + S_2),$$

其中,下标 y 表示时间序列中某年, M_1 、 M_2 、 S_1 、 S_2 分别为 y 年前 n 年、后 n 年两个子序列的平均值和均方差,当 $J_y > 1$ 时,表明在 y 年附近出现跃变, $J_y > 2$ 时有强跃变。这里,取 $n=15$ 。

通过上述分析,我们得到了各季节的四川盆地平均气温距平和热带西太平洋海温距平的变化特点和相互联系。

3 四川盆地气温和热带西太平洋海温变化

为了比较,我们将四川盆地气温和西太平洋海温变化序列表示在同一张图上。由图 1 看到,半个世纪以来,四川盆地春夏季(3~8 月)气温距平的 11 年滑动滤波时间序列,主要经历了两个阶段,1977 年以前处于偏暖期,1977 年以后处于偏冷期,其中 50 年代为显著偏暖阶段,80 年代为显著偏冷阶段;冷暖变换的突变点在 70 年代中期 1977

1) 罗汉民,刘庆,本世纪四川气候变化趋势及诊断分析

年 ($J_y = 2.6$) 左右。逐站的分析结果也表明上述气温由暖变冷的变化趋势。而热带西太平洋春夏 SST 距平的 11 年滑动滤波时间序列表明, 半个世纪以来, 热带西太平洋海温也呈明显下降趋势, 冷暖突变点也在 70 年代中期 1977 年 ($J_y = 1.8$) 左右, 其中 1961 年以前为显著偏暖时段, 1979~1990 年为显著偏冷时段, 90 年代开始有所回升。如图 1 所示, 四川盆地气温与热带西太平洋 SST 变化趋势非常一致, 其相关系数达到 0.89。图 2 给出的是四川盆地气温距平和热带西太平洋海温距平的年际变化特征。可以看到, 四川盆地气温距平和西太平洋海温距平的年际变化也存在一定联系, 两者的相关

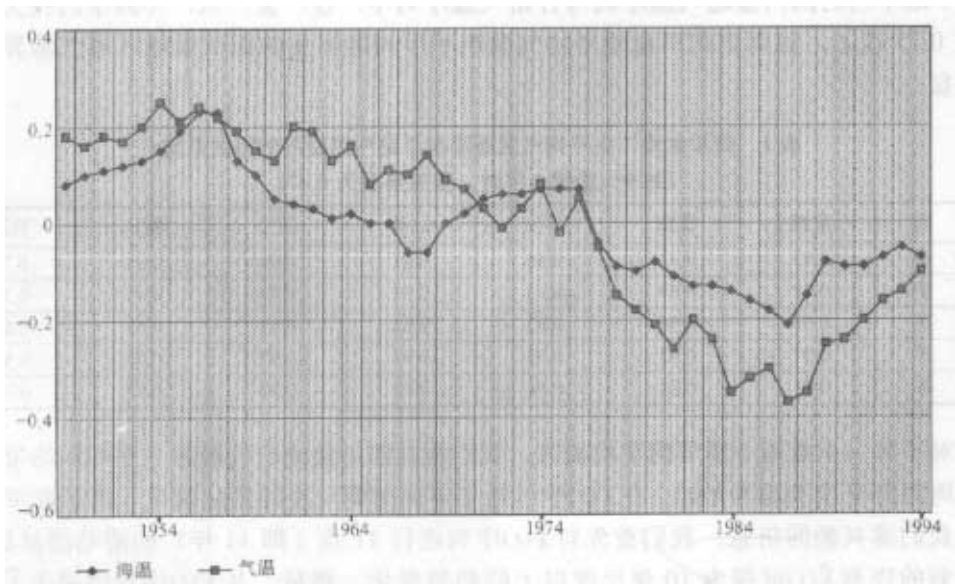


图 1 春夏季四川盆地气温和热带西太平洋海温距平 (°C) 的滑动滤波时间序列

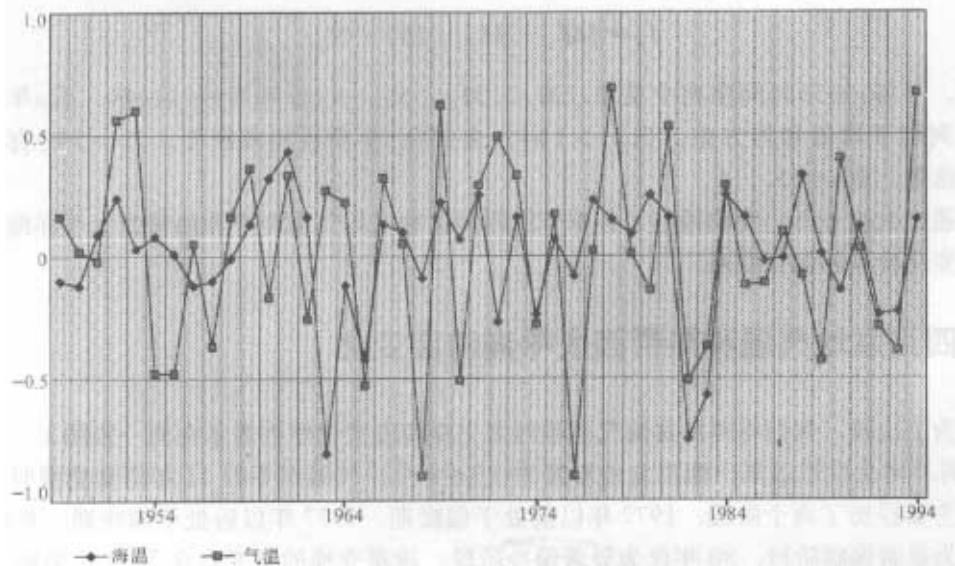


图 2 同图 1, 但为年际变化序列

系数为 0.33, 达到 95% 的置信水平。

表 2 进一步给出了四川盆地气温和热带西太平洋海温距平的 10 年尺度变化及其季节特征。可以看到, 对于四川盆地气温来讲, 春季, 50 年代最暖, 80 年代最冷, 80 年代与 50 年代差值 -0.52°C ; 夏季, 50 年代最暖, 80 年代最冷, 80 年代与 50 年代差值 -0.53°C ; 秋季, 50 年代最暖, 70 年代最冷, 70 年代与 50 年代差值 -0.24°C ; 冬季, 50 年代最暖, 60 年代最冷, 60 年代与 50 年代差值 -0.40°C 。整个来讲, 50 年代最暖, 80 年代最冷, 80 年代与 50 年代差值 -0.43°C 。四川盆地气温变冷主要发生在夏季和春季, 从 70 年代以来, 冬季气温有所增加, 可能与暖冬的出现有关。对于热带西太平洋 SST 来讲, 春季, 50 年代最暖, 80 年代最冷, 80 年代与 50 年代差值 -0.34°C ; 夏季, 50 年代最暖, 80 年代最冷, 80 年代与 50 年代差值 -0.47°C ; 秋季, 50 年代最暖, 60 年代最冷, 60 年代与 50 年代差值 -0.33°C ; 冬季, 50 年代最暖, 60 年代最冷, 60 年代与 50 年代差值 -0.47°C 。整个来讲, 也是 50 年代最暖, 80 年代最冷, 80 年代与 50 年代差值 -0.35°C , 而且, 热带西太平洋 SST 变冷也主要发生在夏季和春季。

表 2 热带西太平洋海温 (四川盆地气温) 距平 10 年变化

$^{\circ}\text{C}$

时间	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代
春季	0.22(0.19)	-0.08(0.12)	0.06(-0.01)	-0.12(-0.33)
夏季	0.20(0.23)	0.02(0.06)	0.08(0.05)	-0.27(-0.30)
秋季	0.21(0.18)	-0.12(-0.04)	0.02(-0.06)	-0.03(-0.05)
冬季	0.28(0.37)	-0.19(-0.03)	0.02(0.17)	-0.02(0.00)
年际	0.23(0.21)	-0.10(-0.01)	0.05(-0.01)	-0.12(-0.22)

以上对比分析表明, 热带西太平洋海温和四川盆地气温的 10 年尺度变化有相似的趋势, 而且, 温度下降最显著的季节都在夏季。

4 热带西太平洋海温的影响

全球气候变化多呈变暖趋势, 80 年代是全球最暖的 10 年, 是中国接近正常的 10 年。但是, 四川盆地气候变化表现出变冷趋势, 80 年代是最冷的 10 年, 具有鲜明的区域特征。由于这种变冷最主要表现在夏季, 因此, 下面从夏季入手, 讨论四川盆地气温变冷的可能原因。

理论和实践表明, 热带西太平洋作为全球海气相互作用关键区, 对大范围天气、气候变化有重要影响。黄荣辉等^[4]指出, 热带西太平洋暖池热状况与我国夏季天气、气候变化密切相关。当西太平洋暖池海温偏暖 (冷), 菲律宾周围对流活动偏强 (弱), 引起副热带高压偏北 (南)。另外, 80 年代我国夏季旱涝分布与 70 年代的分布有较大差别, 主要是由于赤道东、中太平洋从 70 年代后半期开始明显增温, 而西太平洋暖池热容量明显减少所造成^[5]。那么, 热带西太平洋海温对四川盆地气温变化的影响又如何呢?

分析 1949 到 1994 年 46 年中夏季四川盆地气温距平原始序列与热带西太平洋海温

距平原始序列，可以看到它们异常符号一致的有 31 年，占 68%，表明两者的变化有比较密切的关系。图 1 给出的是春夏两个季节的情况，如果仅用夏季的资料，更能反映热带西太平洋 SST 距平与四川盆地气温距平间的关系（图 3）。很显然，不仅在 1977 年两条曲线都发生了突变（ $J_y = 2.3$ ），而且两条曲线由 50 年代的最暖阶段向 80 年代最冷阶段的变化有着十分一致的走势。对这两个 11 年滑动滤波序列作相关计算，其相关系数达到 0.96。这些分析充分表明夏季热带西太平洋 SST 与四川盆地气温在变化趋势上存在密切的关系。

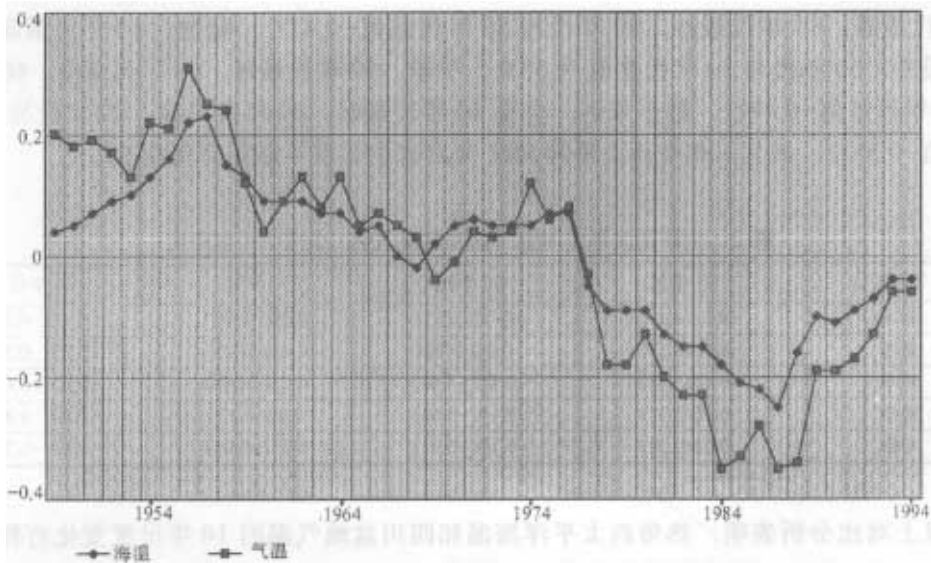


图 3 同图 1，但为夏季

已有研究指出，西太平洋副高偏西偏北时，导致中国北方地区多雨，华北至长江气温偏高；反之，南方地区多雨，华北至长江气温偏低^[6]。也就是说，夏季西太平洋副高位置变动与华北至长江一带气温变化有密切关系。为了进一步说明西太平洋副热带高压活动对四川盆地夏季气温异常的影响，我们用 NMC 的格点资料就 50 年代（用 1953~1962 年资料）和 80 年代（用 1980~1989 年资料）的 500 hPa 高度场及距平场分别进行了合成分析。比较图 4a 和图 5a 可以清楚看到，50 年代夏季，西北太平洋和东亚地区的 500 hPa 高度明显较 80 年代夏季偏高许多，不仅 588 线在 50 年代明显比 80 年代西伸明显，而且东亚地区 584 线的纬度位置在 50 年代要比 80 年代偏北 5~7 个纬度。比较图 4b 和图 5b 可以看到，50 年代东亚和西北太平洋地区明显地为高度正距平所控制，而 80 年代上述地区却为负距平所控制，也就是说在 500 hPa 高度场上，50 年代西太平洋副高主体位置偏西偏北，西脊点到达 130° E 以西，从印度东部到青藏高原、四川盆地等地区的高度场偏高，西风带偏北。与之相反，80 年代夏季西太平洋副高主体偏东偏南，西脊点位于 140° E 以东，从印度东部到青藏高原、四川盆地等地区的高度场偏低，西风带偏南。这些合成分析的结果与文献[4]的结论一致。因此，可以认为，

由于热带西太平洋 SST 的异常变化, 引起西太平洋副高活动的异常变化, 从而可导致四川盆地夏季气温的异常变化。50 年代由于夏季西太平洋副高位置偏西偏北, 西风带也偏北, 一方面, 高纬冷空气不易向中低纬扩散; 另一方面, 四川盆地受副高直接影响, 多晴朗少云天气, 增温显著, 因此, 50 年代最暖。而 80 年代由于夏季西太平洋副高位置偏东偏南, 西风带也偏南, 由孟加拉湾一带爬上高原的西南季风气流, 与高原北侧的偏北气流形成一条横贯青藏高原到四川的切变线^[7], 四川盆地多阴天多云天气, 气温偏低, 因此, 80 年代最冷。

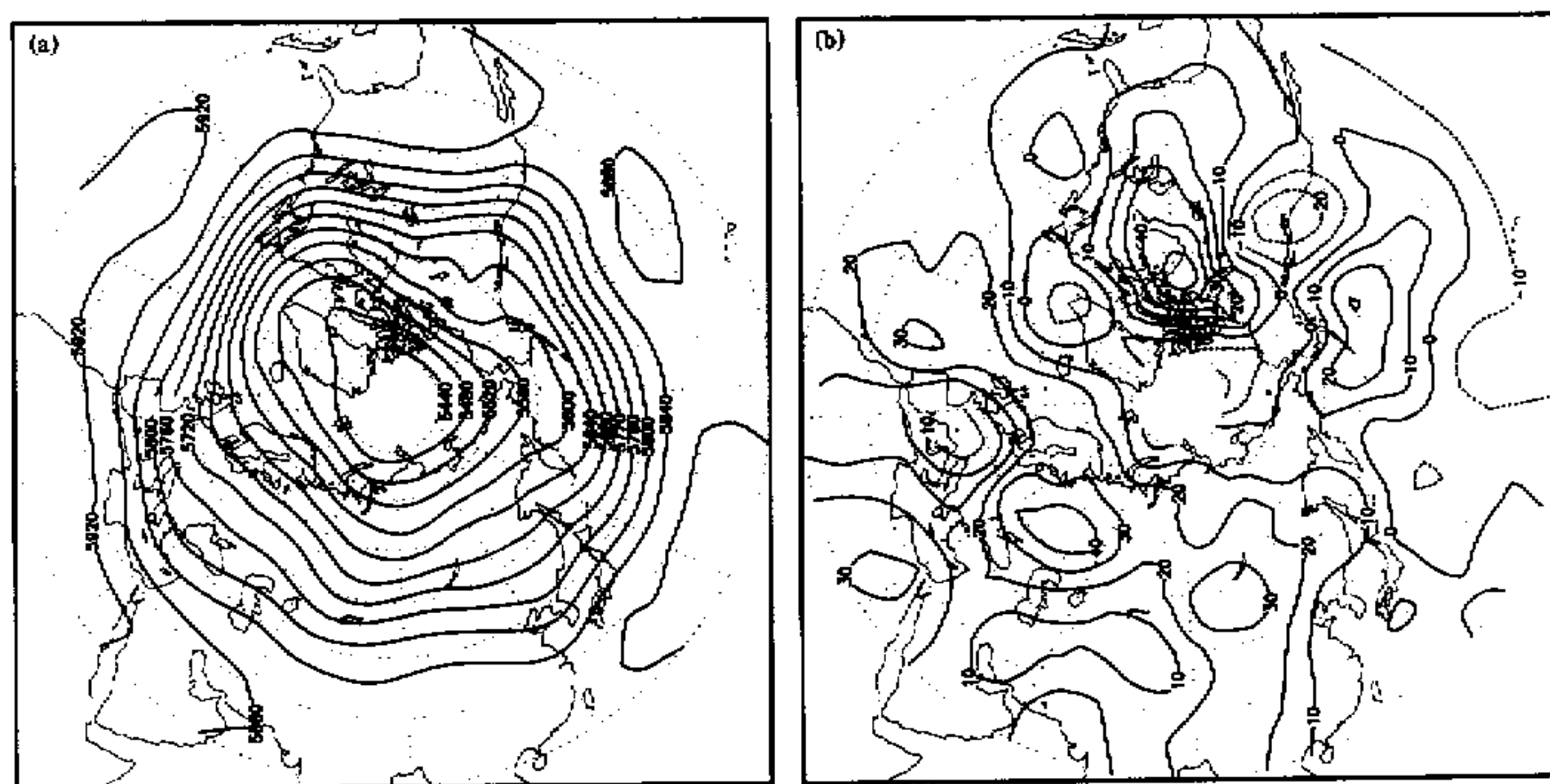


图 4 50 年代夏季平均的 500 hPa 高度场 (a) 和距平场 (b)

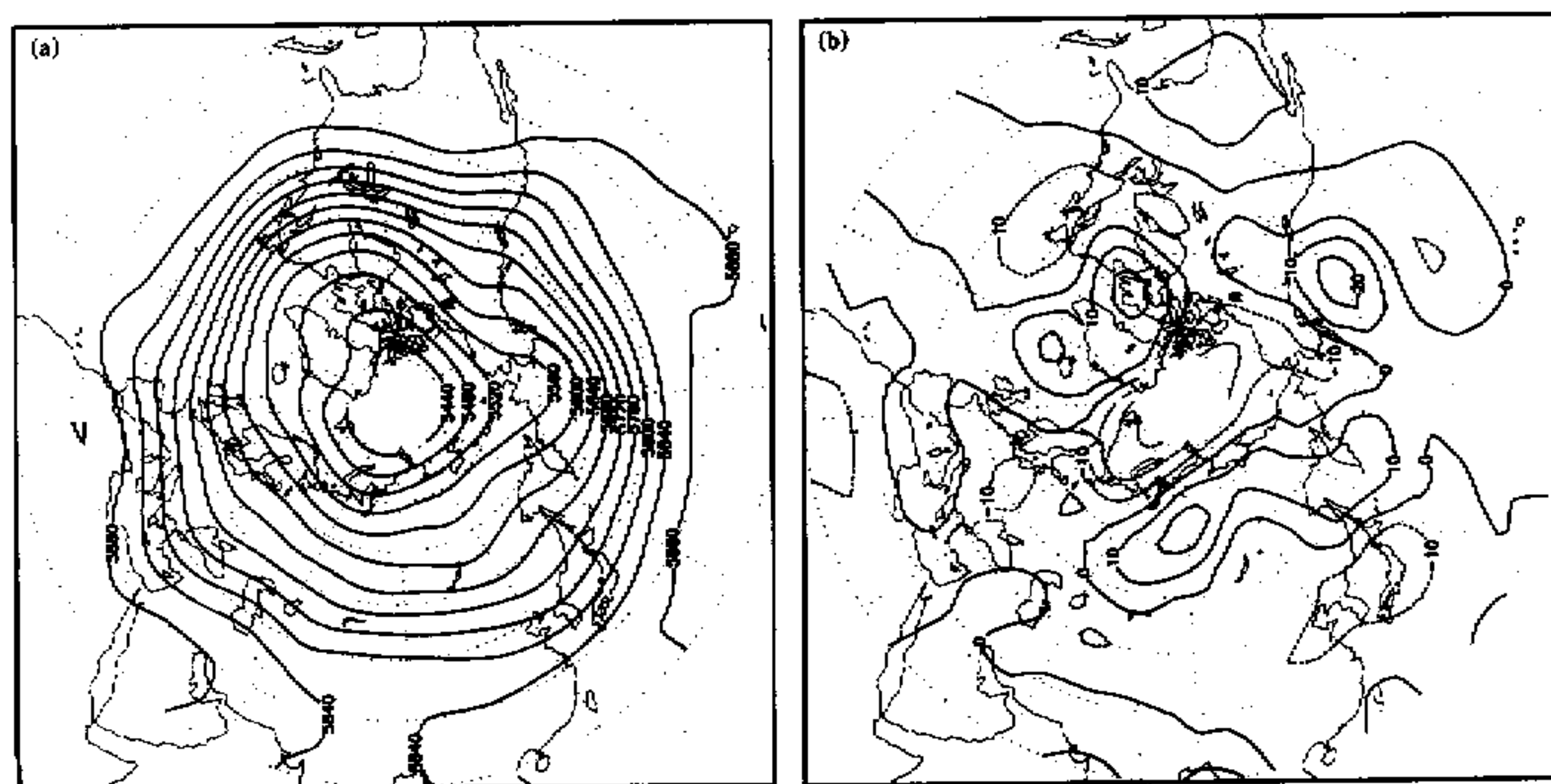


图 5 80 年代夏季平均的 500 hPa 高度场 (a) 和距平场 (b)

表 3 给出了四川盆地夏季总云量异常变化在 50 年代和 80 年代的特征。我们定义四川盆地夏季平均总云量距平 >0.2 为偏多; <-0.2 为偏少; 在 -0.2 到 0.2 之间为正常。由表 3 进一步看到, 四川盆地夏季总云量在 50 年代以正常偏少年份为主, 而 80 年代以正常偏多年份为主。平均来看, 四川盆地夏季 50 年代有 7 年总云量正常偏少, 其中负距平有 5 年; 而 80 年代有 8 年总云量正常偏多, 其中正距平有 6 年。并且, 80 年代夏季平均总云量距平大小比 50 年代多近 1 倍。因此, 50 年代与 80 年代总云量差异明显, 80 年代总云量增多。这也说明西太平洋副高变动, 影响大范围环流变化, 导致四川盆地天气、气候异常, 形成气温冷暖异常变化。

表 3 四川盆地夏季平均总云量距平 50 年代正常偏少 (偏少) 和 80 年代正常偏多 (偏多) 年数

时 间	成都	宜宾	广元	遂宁	达县	重庆	西阳	7 站平均
50 年代	7(4)	5(2)	7(2)	5(2)	6(3)	6(2)	7(4)	7(2)
80 年代	6(5)	8(2)	9(7)	8(7)	5(2)	8(3)	6(4)	8(4)

这里, 我们可以初步得到如下物理图像: 由于热带西太平洋海温处于偏暖 (冷) 阶段, 导致西太平洋副高前期偏西偏北 (偏东偏南), 导致四川盆地总云量偏少 (偏多), 多晴好少云 (阴天多云) 天气, 使四川盆地夏季气温偏暖 (偏冷)。由于热带西太平洋 SST 在 50 年代最暖, 70 年代中期发生突变后, 80 年代 SST 处于最冷时期, 从而使四川盆地气温也在 70 年代发生转折, 出现 50 年代最暖, 80 年代最冷。因此, 除大气中硫酸盐气溶胶的影响外, 热带西太平洋海洋热状况的变化, 通过影响副热带环流系统, 也是造成四川盆地气温变冷的原因之一。

另外, 90 年代开始, 热带西太平洋海温趋于回升, 四川盆地气温也缓慢回升, 有可能未来又进入一个增暖阶段。

5 结论

从以上对热带西太平洋海温、副热带环流和四川盆地气温变化的分析, 可得到如下结论:

(1) 四川盆地气温在 70 年代中期发生了一次突变, 由偏暖阶段进入偏冷阶段, 50 年代最暖, 80 年代最冷, 90 年代有所回升。这种变冷趋势在夏季最显著, 表现出明显的区域气候特征。

(2) 热带西太平洋海温在 70 年代中期也同样发生了一次突变, 由偏暖阶段进入偏冷阶段, 50 年代最暖, 80 年代最冷, 90 年代有所回升。这种变冷趋势也在夏季最显著。

(3) 热带西太平洋海温异常偏暖 (冷), 引起西太平洋副高偏西 (东) 偏北 (南), 由此影响四川盆地天气变化, 是造成四川盆地夏季气温异常偏暖 (冷) 的重要大气环流特征。

(4) 除大气中硫酸盐气溶胶等影响因素外, 热带西太平洋热状况的变化, 通过影响副热带环流系统, 也是造成四川盆地气温长期变化的重要原因之一。

参 考 文 献

- 1 Chen Longxun et al., 1991, Preliminary analysis of climatic variation during the last 39 years in China, *Adv. Atmos. Sci.*, 8, 279~288.
- 2 Zhou Xiuji et al., 1996, Environment and Climate Change in China, Annual Report (1991-1995), CAMS, 10-20.
- 3 严中伟、季劲钧、叶笃正, 1990, 60 年代北半球夏季气候跃变 I. 降水和温度变化, 中国科学 (B 辑), No.8, 879~885.
- 4 黄荣辉等, 1994, 热带西太平洋暖池的热状况及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响, 大气科学, 18(2), 141~151.
- 5 黄荣辉等, 1992, 近 40 年我国夏季旱涝变化及其成因初探, 气候变化若干问题研究, 李崇银主编, 北京: 科学出版社, 14~29.
- 6 赵振国, 1995, 夏季青藏高原位势高度场的长期振荡与气候变化, 气象学报, 53(1), 108~114.
- 7 徐裕华, 1991, 西南气候, 北京: 气象出版社, 24~32.

The Relationship between the Cooling of Air Temperature in Sichuan Basin and the Anomalies of SST over Tropical Western Pacific during the Last More Than 40 Years

Li Yueqing

(Chengdu Institute of Plateau Meteorology, Chengdu 610071)

Li Chongyin

(State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Science and Geophysical Fluid Dynamics,
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract Based on the moving filter method, the variation of temperature in Sichuan and its relationship with SST over tropical western Pacific during the last half century are analyzed. The result shows that the abrupt change of temperature from warm to cold in Sichuan Basin occurs in the middle 1970's. The warmest decade is the 1950's and the coldest one is the 1980's. This cooling tendency is most obvious in summer. And the SST over tropical western Pacific has also an abrupt change from warm to cold in the 1970's. The warmest decade is also the 1950's and the coldest one is also the 1980's. This cooling tendency is also most obvious in summer. The characteristics of both the SST and the air temperature variations are in phase. The positive (negative) anomalies of SST over tropical western Pacific, resulting in the location of Subtropical High over the western Pacific to the west and north (east and south), then brings the warmer (colder) anomalies of temperature in Sichuan Basin. The effect of thermal regime of tropical western Pacific, by influencing the variations of general circulation such as the location of subtropical high, is one of the important reasons for the variation of air temperature in Sichuan Basin.

Key words Sichuan Basin air temperature tropical western Pacific sea surface temperature subtropical high